

### 2次差分法による慣性測定の低速時通り検測精度補償

鉄道総合技術研究所	正会員	○矢澤英治
鉄道総合技術研究所	正会員	南木聡明
J R 東日本	正会員	松田博之

#### 1. はじめに

鉄道総研では、慣性測定法の欠点を補った「慣性正矢法」による小型軌道検測装置の開発を進めている。しかし、慣性測定法で避けられない低速域での検測精度低下については、そのままでは対策に限界がある。このため、レール変位検出装置をもう1組付加し、1次差分法によって低速時の高低検測を行う手法を文献1)で検討した。

さて、通りを高低と同様の1次差分検測とすると、演算に方位角のタンジェントの項が含まれるため、方位角±90度付近で発散して検測不能となる。したがって、環状線は言うまでもなく、新幹線路線であっても、例えば北陸新幹線は図1のように、軽井沢駅付近から長野駅付近にかけての走行中に180度以上向きを変えてしまうため、方位角のゼロ点をどのような向きに設定しても1次差分による検測は不可能である。このような事態が発生しない、始点から終点まで一直線に近い線形の路線の運用に限定するならば、通りの1次差分検測も可能ではあろうが、本稿ではより汎用的な2次差分法で低速時の精度補償のための試験測定を行い、その精度の確認を行った結果を報告する。

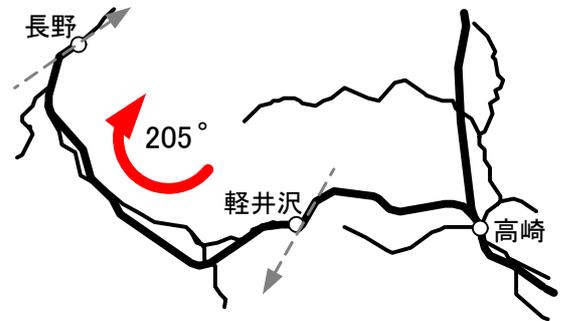


図1 北陸新幹線既開業区間の線形

#### 2. 通りの2回測定による2次差分検測

今回試験データを得た検測車のレール左右変位検出装置の取付間隔は約3.2mである。そこで、図2のように、3.2m間隔での2回のレール左右変位の測定値と、本来は水準と長波長高低を求めるため、ロール角とピッチ角を得ているジャイロから、通常使用していない方位角信号を引き出すことで、図中の角度θを求める。このときABCの各点は、辺ABおよび辺BCが3.2m、∠BACおよび∠BCAがθ/2の二等辺三角形である。また、図2は誇張して描いてあるが、実際のθは微小角なので、辺ACの長さはほぼ6.4mと考えて良い。したがって、この二等辺三角形の高さを求めることにより、あたかも「6.4m弦正矢法」での検測結果のような値が得られることになる。しかし本来の正矢法のようにレール上の3点を同時に測定しているわけではないので、本稿では正矢法による測定と区別し、この演算結果を「6.4m 2次差分」と呼ぶことにする。

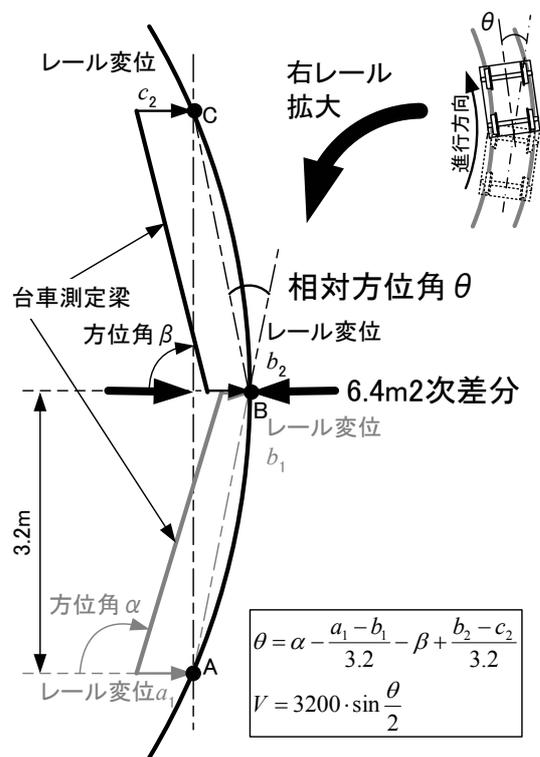


図2 通り2次差分演算

### 3. 2次差分検測の検測精度検証

この手法の検測精度の検証は、文献1)の高低1次差分検測の検証と同日の検測のデータで行った。図3に6.4m 2次差分から10m弦正矢への変換波形と、この車両の偏心矢測定系から10m弦正矢へ変換した波形の例を示す。一部の曲線の波形に若干の相違点が見られるが、これは両者の測定ともに利用した検測車第1・2軸のレール変位検出装置と、偏心矢測定時のみに用いる第4軸のレール変位検出装置との間で、摩耗レール頭側面の検出高さの設定に若干の違いがあるために発生していると考えられる。したがって、レール頭側面の摩耗が小さい直線部での整合性は十分である。

また、検測速度と両波形の整合性誤差の関係を、1ロット100mに区切って確認した結果を図4に示す。30km/hまで新幹線での精度目標である標準偏差0.3mmをクリアし、さらに60km/h付近までの0.3mmを越えるロットは、上記の摩耗レールの測定値のばらつきに起因すると考えられる。したがって、実際に検測車を構成する場合は、文献1)に報告した高低の1次差分測定と同様、50km/h前後で慣性測定に切り替えることで、停止状態から最高速度まで、十分な精度を有する検測を続けることが可能となる。

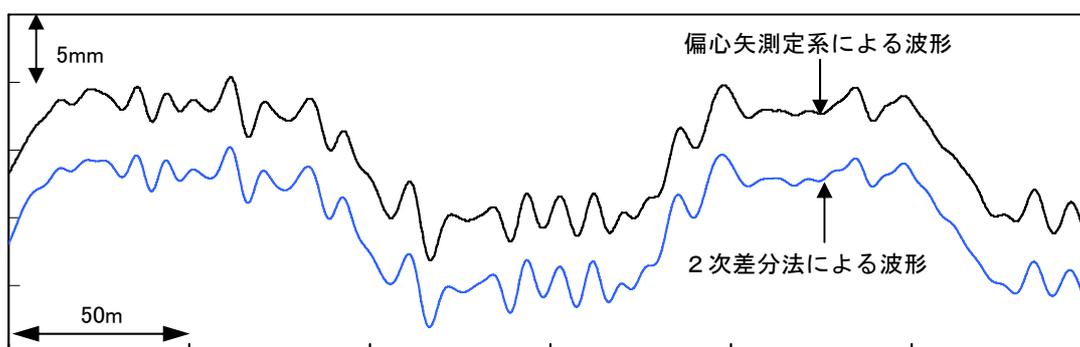


図3 10m弦通りの波形比較

### 4. おわりに

このように、2次差分法による通り検測も、慣性測定低速時バックアップとして十分実用可能であることが確認できた。

なお、これら1次差分・2次差分検測のために付加するレール変位検出装置は、最低限の構成とするなら、左右どちらかのレールに1台だけ搭載し、反対側のレールの値は慣性正矢軌道検測装置の軌間および水準の出力から演算で求めることもできる。しかし、両レールとも検出装置を付加しておくことで、万一、変位検出装置中1台が故障した時にも、図4

で示したように高速時の検測誤差はやや大きくなるが、1次差分ないし2次差分でどちらかのレールの検測を中断することなく行い、そこから軌間および水準の値を参考に反対側レールの値を求めることが可能となる。このように、軌道検測車としての冗長性を考えると、変位検出装置は付加的なものであっても、両レール分を搭載するのが望ましいと考える。

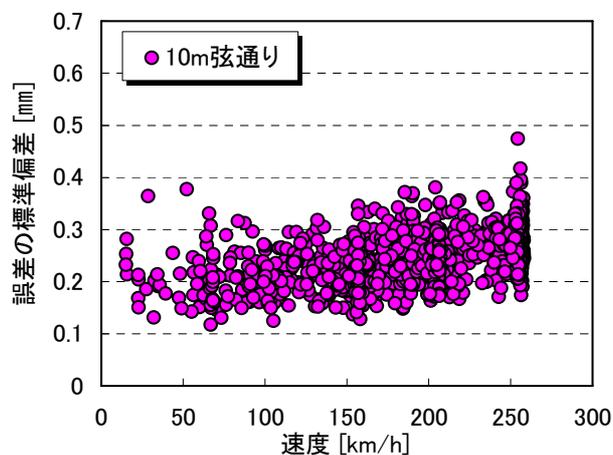


図4 速度と整合性誤差の関係

### 参考文献

1) 南木, 矢澤, 松田: 1次差分法による慣性測定低速時高低検測精度補償, 土木学会第65回年次学術講演会(投稿中), 2010年9月